



Universidad Autónoma Chapingo
Dpto. de Preparatoria Agrícola
Área de Física



Física II

“Primera Ley de la Termodinámica”

Enero del 2023



El calor es la energía que fluye de un cuerpo a otro debido a la diferencia de temperaturas. El calor siempre fluye del cuerpo más caliente al más frío.

Dos objetos que están en equilibrio térmico tienen la misma temperatura.

Si cada uno de estos dos cuerpos están en equilibrio térmico con otro tercero, entonces se encuentran en equilibrio térmico entre sí. A esto se le conoce como *Ley Cero de la Termodinámica*.



La Energía Interna de un sistema es la energía total contenida en el sistema. Es la suma de las energías cinética, potencial, química, eléctrica, nuclear y todas las otras formas de energía que poseen los átomos y moléculas de un sistema.



El trabajo efectuado por o sobre un sistema es cuando un sistema se expande o se contrae. Cuando el sistema aumenta su volumen se dice que el sistema realiza un trabajo sobre sus alrededores y cuando un sistema disminuye su volumen se dice que los alrededores realizan trabajo sobre el sistema.

Cuando el sistema realiza trabajo sobre los alrededores se dice que cede energía, por eso es negativo el trabajo.

Cuando los alrededores realizan trabajo sobre el sistema se dice que absorbe energía el sistema, por eso es positivo.





La Primera Ley de la Termodinámica es consecuencia de la Ley de Conservación de la Energía.

La Primera Ley de la Termodinámica establece que el cambio de Energía Interna de un sistema es igual al Calor Absorbido o Cedido por el sistema, menos el trabajo hecho por o sobre el sistema.

Matemáticamente esta ley se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta U = \Delta Q - W$$

Donde: ΔU es el cambio de Energía Interna del sistema, ΔQ es el Calor absorbido o cedido por el sistema y W es el Trabajo realizado sobre o por el sistema.



Convención de signos:

Si $\Delta U > 0$, entonces el sistema aumenta su energía interna.

Si $\Delta U < 0$, entonces el sistema disminuye su energía interna.

Si $\Delta U = 0$, entonces el sistema no cambia su energía interna.

Si $\Delta Q > 0$, entonces el sistema absorbe calor.

Si $\Delta Q < 0$, entonces el sistema cede calor.

Si $\Delta Q = 0$, entonces el sistema no absorbe ni cede calor.

Si $W > 0$, entonces el sistema realiza trabajo sobre los alrededores.

Si $W < 0$, entonces los alrededores realizan trabajo sobre el sistema.

Si $W = 0$, entonces el sistema no realiza trabajo sobre los alrededores ni los alrededores realizan trabajo sobre el sistema.



Procesos más comunes:

Proceso isobárico: es cuando se lleva a cabo un proceso en el cual la presión se mantiene constante.

Proceso isotérmico: es cuando se lleva a cabo un proceso en el cual la temperatura se mantiene constante.

Proceso isocórico o isovolumétrico: es cuando se lleva a cabo un proceso en el cual el volumen se mantiene constante.

Proceso adiabático: es cuando se lleva a cabo un proceso en el cual no hay transferencia de calor.



Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso isobárico el Trabajo que se realiza por o sobre un sistema, es igual a:

$$W = p \Delta V$$

Donde:

W Es el trabajo realizado por o sobre el sistema.

p Es la presión en el sistema, la cual permanece constante.

ΔV Es el cambio de volumen del sistema. Si $\Delta V > 0$, entonces el sistema aumenta su volumen. Si $\Delta V < 0$, entonces el sistema disminuye su volumen. Si $\Delta V = 0$, no hay cambio de volumen.



Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso isotérmico el Trabajo que se realiza por o sobre un sistema, es igual a:

$$W = n R T \ln \left[\frac{V_f}{V_i} \right]$$

Donde:

W Es el trabajo realizado por o sobre el sistema.

n Es el número de moles del gas.

R Es la constante universal de los gases.

T Es la temperatura absoluta del gas.

V_i y V_f Es el volumen inicial y final del sistema.



Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso isocórico o isovolumétrico el Trabajo que se realiza por o sobre un sistema, es igual a:

$$W = 0$$

Es decir, no se realiza trabajo en un proceso isocórico o isovolumétrico. El trabajo es igual a cero.





Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso adiabático el Trabajo que se realiza por o sobre un sistema, es igual a:

$$W = \frac{p_i V_i - p_f V_f}{\gamma - 1}$$

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}$$

V_i y V_f Es el volumen inicial y final del sistema.

p_i y p_f Es la presión inicial y final del sistema.

c_p y c_v Son los calores específicos a presión y volumen constante del gas.



Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso isobárico el cambio de Energía Interna de un sistema es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - p\Delta V$$

Donde:

ΔU Es el cambio de Energía Interna.

ΔQ Es el calor cedido o absorbido por el sistema.

ΔV Es el cambio de volumen del sistema.

p Es la presión sobre el sistema, la cual permanece constante.



Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso isotérmico el cambio de Energía Interna de un sistema es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - n R T \ln \left[\frac{V_f}{V_i} \right]$$

Donde:

ΔU Es el cambio de Energía Interna.

ΔQ Es el calor cedido o absorbido por el sistema.

n Es el número de moles del gas.

R Es la constante universal de los gases.

T Es la temperatura absoluta del gas.

V_i y V_f Es el volumen inicial y final del sistema.



Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso isocórico o isovolumétrico el cambio de Energía Interna del sistema es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = \Delta Q - 0 = \Delta Q$$

Es decir, el cambio de Energía Interna de un sistema en un proceso isocórico o isovolumétrico es igual al Calor Absorbido o Cedido por el sistema.



Procesos y Primera Ley de la Termodinámica:

Para un proceso adiabático, el cambio de Energía Interna de un sistema es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = 0 - W = -W$$

Es decir, el cambio de Energía Interna de un sistema en un proceso adiabático es igual a menos el trabajo hecho sobre el sistema o por el sistema.

Entonces: ¡Podemos aumentar la temperatura de un gas con sólo disminuir su volumen o enfriarlo con sólo aumentar su volumen!



En cierto proceso, 8 000 cal de calor son suministradas a un sistema mientras efectúa un trabajo de 6 000 J. ¿En cuánto cambió la energía interna del sistema durante el proceso?

Solución:

El calor absorbido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = (8\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = 33\,440\text{ J}$$

El trabajo realizado por el sistema es igual a:

$$W = 6\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = 33\,440\text{ J} - 6\,000\text{ J} = 27\,440\text{ J}$$

Como ΔU es mayor que cero, hay un aumento en la energía interna del sistema.



En cierto proceso, 6 000 cal de calor son suministradas a un sistema mientras efectúa un trabajo de 2 000 J. ¿En cuánto cambió la energía interna del sistema durante el proceso?

Solución:

El calor absorbido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = (6\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = 25\,080\text{ J}$$

El trabajo realizado por el sistema es igual a:

$$W = 2\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = 25\,080\text{ J} - 2\,000\text{ J} = 23\,080\text{ J}$$

Como ΔU es mayor que cero, hay un aumento en la energía interna del sistema.



En cierto proceso, 10 000 cal de calor son cedidas por un sistema mientras efectúa un trabajo de 3 000 J. ¿En cuánto cambió la energía interna del sistema durante el proceso?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = -(10\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = -41\,800\text{ J}$$

El trabajo realizado por el sistema es igual a:

$$W = 3\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = -41\,800\text{ J} - 3\,000\text{ J} = -44\,800\text{ J}$$

Como ΔU es menor que cero, hay una disminución en la energía interna del sistema.



En cierto proceso, 8 000 cal de calor son suministradas a un sistema mientras se efectúa un trabajo de 6 000 J. ¿En cuánto cambió la energía interna del sistema durante el proceso?

Solución:

El calor absorbido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = (8\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = 33\,440\text{ J}$$

El trabajo realizado sobre el sistema es igual a:

$$W = -6\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = 33\,440\text{ J} - (-6\,000)\text{ J} = 39\,440\text{ J}$$

Como ΔU es mayor que cero, hay un aumento en la energía interna del sistema.



En cierto proceso, 12 000 cal de calor son suministradas a un sistema mientras se efectúa un trabajo de 4 000 J. ¿En cuánto cambió la energía interna del sistema durante el proceso?

Solución:

El calor absorbido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = (12\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = 50\,160\text{ J}$$

El trabajo realizado sobre el sistema es igual a:

$$W = -4\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = 50\,160\text{ J} - (-4\,000)\text{ J} = 54\,160\text{ J}$$

Como ΔU es mayor que cero, hay un aumento en la energía interna del sistema.



En cierto proceso, 8 000 cal de calor son cedidas por un sistema mientras se efectúa un trabajo de 6 000 J. ¿En cuánto cambió la energía interna del sistema durante el proceso?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = -(8\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = -33\,440\text{ J}$$

El trabajo realizado sobre el sistema es igual a:

$$W = -6\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = -33\,440\text{ J} - (-6\,000\text{ J}) = -27\,440\text{ J}$$

Como ΔU es menor que cero, hay una disminución en la energía interna del sistema.



En cierto proceso, 9 000 cal de calor son cedidas por un sistema mientras se efectúa un trabajo de 5 000 J. ¿En cuánto cambió la energía interna del sistema durante el proceso?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = -(9\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = -37\,620\text{ J}$$

El trabajo realizado sobre el sistema es igual a:

$$W = -5\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$\Delta U = \Delta Q - W = -37\,620\text{ J} - (-5\,000\text{ J}) = -32\,620\text{ J}$$

Como ΔU es menor que cero, hay una disminución en la energía interna del sistema.



En cierto proceso, 9 000 cal de calor son cedidas por un sistema mientras se observa que aumenta la energía interna en 4 000 J. ¿Qué trabajo se realizó sobre el sistema?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = -(9\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = -37\,620\text{ J}$$

El cambio de energía interna del sistema es igual a:

$$\Delta U = 4\,000\text{ J}$$

Por lo que el trabajo es igual a:

$$W = \Delta Q - \Delta U = -37\,620\text{ J} - (4\,000\text{ J}) = -41\,620\text{ J}$$

Como W es menor que cero esto implica que se realizó trabajo sobre el sistema. En consecuencia, disminuyó su volumen.



En cierto proceso, 12 000 cal de calor son cedidas por un sistema mientras se observa que aumenta la energía interna en 2 000 J. ¿Qué trabajo se realizó sobre el sistema?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = -(12\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = -50\,160\text{ J}$$

El cambio de energía interna del sistema es igual a:

$$\Delta U = 2\,000\text{ J}$$

Por lo que el trabajo realizado sobre el sistema es igual a:

$$W = \Delta Q - \Delta U = -50\,160\text{ J} - (2\,000\text{ J}) = -52\,160\text{ J}$$

Como W es menor que cero esto implica que se realizó trabajo sobre el sistema. En consecuencia, disminuyó su volumen.



En cierto proceso, 15 000 cal de calor son absorbidas por un sistema mientras se observa que aumenta la energía interna en 10 000 J. ¿Qué trabajo se realizó sobre el sistema?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = (15\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = 62\,700\text{ J}$$

El trabajo realizado por el sistema es igual a:

$$\Delta U = 10\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$W = \Delta Q - \Delta U = 62\,700\text{ J} - (10\,000\text{ J}) = 52\,700\text{ J}$$

Como W es mayor que cero esto implica que el sistema realizó trabajo. En consecuencia, aumentó su volumen.



En cierto proceso, 13 000 cal de calor son absorbidas por un sistema mientras se observa que disminuye la energía interna en 40 000 J. ¿Qué trabajo se realizó sobre el sistema?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = (13\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = 54\,340\text{ J}$$

El trabajo realizado por el sistema es igual a:

$$\Delta U = -40\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$W = \Delta Q - \Delta U = 54\,340\text{ J} - (-40\,000\text{ J}) = 94\,340\text{ J}$$

Como W es mayor que cero esto implica que el sistema realizó trabajo. En consecuencia, aumentó su volumen.



En cierto proceso, 20 000 cal de calor son absorbidas por un sistema mientras se observa que disminuye la energía interna en 20 000 J. ¿Qué trabajo se realizó sobre el sistema?

Solución:

El calor cedido por el sistema es igual a:

$$\Delta Q = (20\,000\text{ cal}) \left(4.18 \frac{\text{J}}{\text{cal}} \right) = 83\,600\text{ J}$$

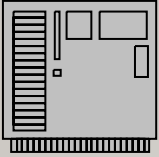
El trabajo realizado por el sistema es igual a:

$$\Delta U = -20\,000\text{ J}$$

Por lo que el cambio en la energía interna es igual a:

$$W = \Delta Q - \Delta U = 83\,600\text{ J} - (-20\,000\text{ J}) = 103\,600\text{ J}$$

Como W es mayor que cero esto implica que el sistema realizó trabajo. En consecuencia, aumentó su volumen.



Atentamente:

Dr. Guillermo Becerra Córdova

Página: <http://virtual.chapingo.mx/fis>